互联网络体系结构的契约特征研究[1]

傅川 张国清 杨景

摘 要： 网络体系结构研究是技术问题，但更是影响经济发展的问题。体系结构可视为设计约束通信参与者利益分配契约的物质基础。以互联网络体系结构为基础，本文讨论向用户开放末端网络，提高自治度对促进网络经济发展的作用。本文使用制度经济学分析工具——交易费用经济学和契约经济学，对体系结构衍生的契约进行分析，帮助我们理解具有宏观特征的体系结构在微观经济学层面上的意义。在进一步扩大用户规模的同时，必须系统化研究网络体系结构中制约网络经济发展的因素。

我们认为：以威廉姆森[2]提出的双边规制为契约设计原理，在现有技术下，提高末端网络自治度，可带动新兴信息服务外购市场的产生。物联网络是该市场的载体之一。在此基础上的契约，用户拥有更多在信息服务和信息化设备选择上的自由；同时，网络接入商通过提供虚拟网络可为其专用性资产重新定价。我们给出一种末端网络开放的体系结构——IPVN，并基于该结构提出服务于人居需求的业务承载模型。

关键字： 网络体系结构，IPVN，制度经济学，双边规制

1 引言

2009 年七月，两篇针锋相对的文章将网络经济的未来再次推到“死”、“活”的十字路口。其中一篇名为《互联网已经死了》（The Internet Is Dead (as an Investment) ）[11]，作者詹姆斯. 阿尔图彻（James Altucher）是对冲基金管理公司 Formula Capital 的管理合伙人、《金融时报》《华尔街日报》等传媒的专栏作家；另一篇名为《互联网活得很健康》（The Internet Is Alive and Well (as an Investment)）[17]，作者弗雷迪.威尔逊（Fred Wilson）是投资于 Twitter 的风险投资公司 Union Square Ventures 的创始人之一。互联网络经济的发展趋势不仅是投资人关心的问题，同时也是网络从业者、网络技术研究人员、经济学者、政策制定者，以及更为广泛的大众共同关心的问题。

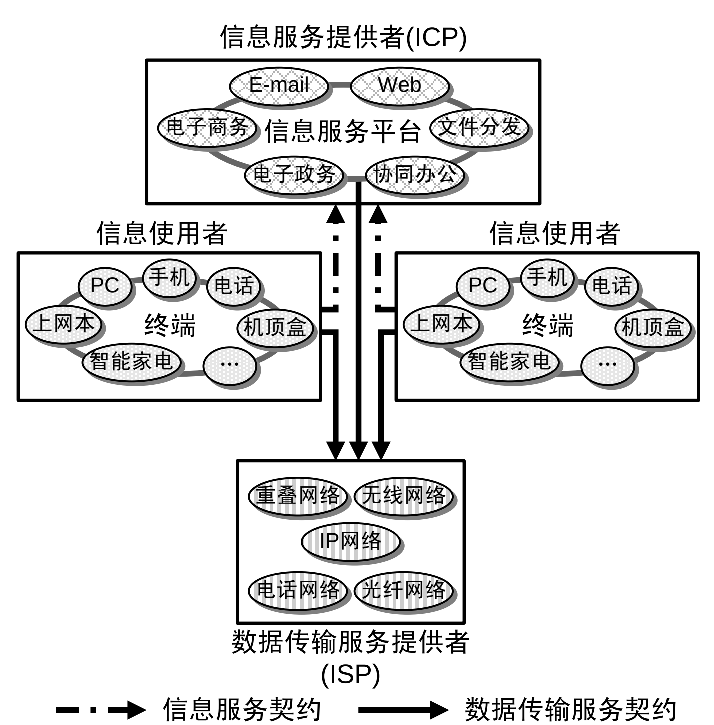


图1. 互联网络体系结构下 ISP、ICP、用户间的契约关系

从产业角度看，互联网络是一个空前庞大的交易系统。在纷繁复杂的网络世界中，仅就某项技术、某种应用、某个公司讨论互联网络经济的未来，无法给人们呈现一个清晰的发展轮廓，同时也不具有代表性。本文试图使用分析经济系统中交易者间契约特征的方法，理解互联

[1] 本文部分内容曾在网上作为博客发表。文中的数据仅用于说明契约关系对利益分配的影响。
[2] 2009 年诺贝尔经济学奖得主，因他“对经济治理的分析，特别是对公司的经济治理边界的分析”而得奖。

网络经济系统的特性，并在契约关系指导下挖掘网络体系结构中潜在的交易及其对网络经济发展的影响。

交换信息是人们使用通信网络的基本目的。我们认为这也是网络经济系统的基本交易内容。在当今以互联网为基础的交易环境中，互联网络体系结构为参与交易者赋予不同的角色，即：互联网络服务提供商（Internet Server Provider，ISP）、互联网络内容提供商 (Internet Content Provider，ICP)、一般用户（简称：用户）等三种。一般用户可以是使用网络的个人，也可以是单位、组织、公司等。业务和承载分离是互联网络中的基本交易模式。所谓业务和承载分离，通俗地说，就是用户通过网络内容服务提供商的网站选择需要的信息；而用户所选具体信息被加载到电（或光）信号上后，该信号通过互联网络服务提供商的物理网络传递，即内容（业务）和传递（承载）分别由不同的服务商提供。与业务和承载相互捆绑的电话网络相比，这种交易模式使内容服务提供商在为信息的发布者和信息接收者提供匹配服务的过程中逐步获得信息交换控制权。

围绕信息服务的交易模式可以看作底层网络体系结构衍生出的契约关系。根据上述分析，互联网络交易系统中的参与者的相互关系如图 1 所示，其中：用户是信息的使用者，互联网络服务提供商是数据传输服务提供者，内容服务提供商是信息服务提供者。信息使用者与数据传输服务者间的契约是数据传输服务契约；与信息服务提供者间的契约是信息服务契约。信息服务提供者与数据传输服务提供者间的契约也是数据传输服务契约。

在这一契约框架下，各种技术、服务既属于生产要素市场（factor market）同时也属于产品市场(product market)。基于该契约框架，本文探讨了由网络体系结构决定的网络经济系统的利益分配方案；同时，在现有互联网络基础上，本文重点探讨向用户进一步开放末端网络，提高末端网络自治（self-governing）程度对促进网络经济发展的作用。

本文其余内容分为以下四部分：第二部分，根据网络体系结构的角色划分，对比了从 1995 年初到 2010 年初 15 年间北美、欧洲、亚洲等主要网络服务提供商的股票走势，以及从 1998 年初到 2010 年初 12 年间全球顶级内容服务提供商的股票走势，并以英国电信（BT）和纳斯达克的沃达丰（VOD）为网络服务提供商的代表，与按经营类别划分的内容服务提供商公司进行投资收益（Return On Investment，ROI）历史走势横向比较。第三部分，深入分析互联网络中网络服务提供商、内容服务提供商、用户等三者间的契约关系，并以互相依赖需求（interdependent demand）的需求曲线[14]为基础，对第二部分的数据给出经济学解释，同时从制度经济学的角度讨论提高末端网络自治程度的作用，提出将网络服务提供商和用户间的治理结构（governance structure，亦有译成“规制结构”）变为双边规制（bilateral governance,）后，可能对网络经济发展产生很大促进；第四部分提出了一种基于地址转换技术（Network Address Translation，NAT）的高自治度网络体系结构—IPVN(基于 IP 技术的虚拟网络)，分析了其存在基础和可行性及建立在 IPVN 上的多目标虚拟化业务承载模型；第五部分，总结。

2 网络服务提供商、内容服务提供商样本股票投资收益历史走势分析

网络股票的投资价值是阿尔图彻和威尔逊争论的焦点问题。我们认为通过对比股票历史走势的发展历程，可以摆脱具体技术、应用的局限，同时能够全面反映各种技术、应用的经济效果。根据网络体系结构的角色划分，以股票历史走势为考察对象，本文对比了从 1995 年初到 2010 年初 15 年间北美、欧洲、亚洲等地区主要网络服务提供商的股票历史走势，以及从 1998 年初到 2010 年初 12 年间全球顶级内容服务提供商的股票历史走势，并以英国电信、沃达丰、西班牙电信(TEF)为网络服务提供商的代表，与按经营类别划分的内容服务提供商公司进行横向比较，以此作为一种观测网络经济利益分配变迁的方法。

2.1 网络服务提供商样本股票投资收益历史走势

网络服务提供商公司样本选择的基本条件主要为：在互联网络早期参加网络基础建设、网络主要部署于经济发达或增长快的地区、股票市值大、技术成熟度高、具有固网接入服务、接入人数多等，如表 1 所示。根据地区，我们将网络服务提供商分为北美、欧洲、亚洲等。针对样本公司，我们使用谷歌（google）财经提供的股票历史数据进行投资收益历史走势分析。投资收益计算方法为：

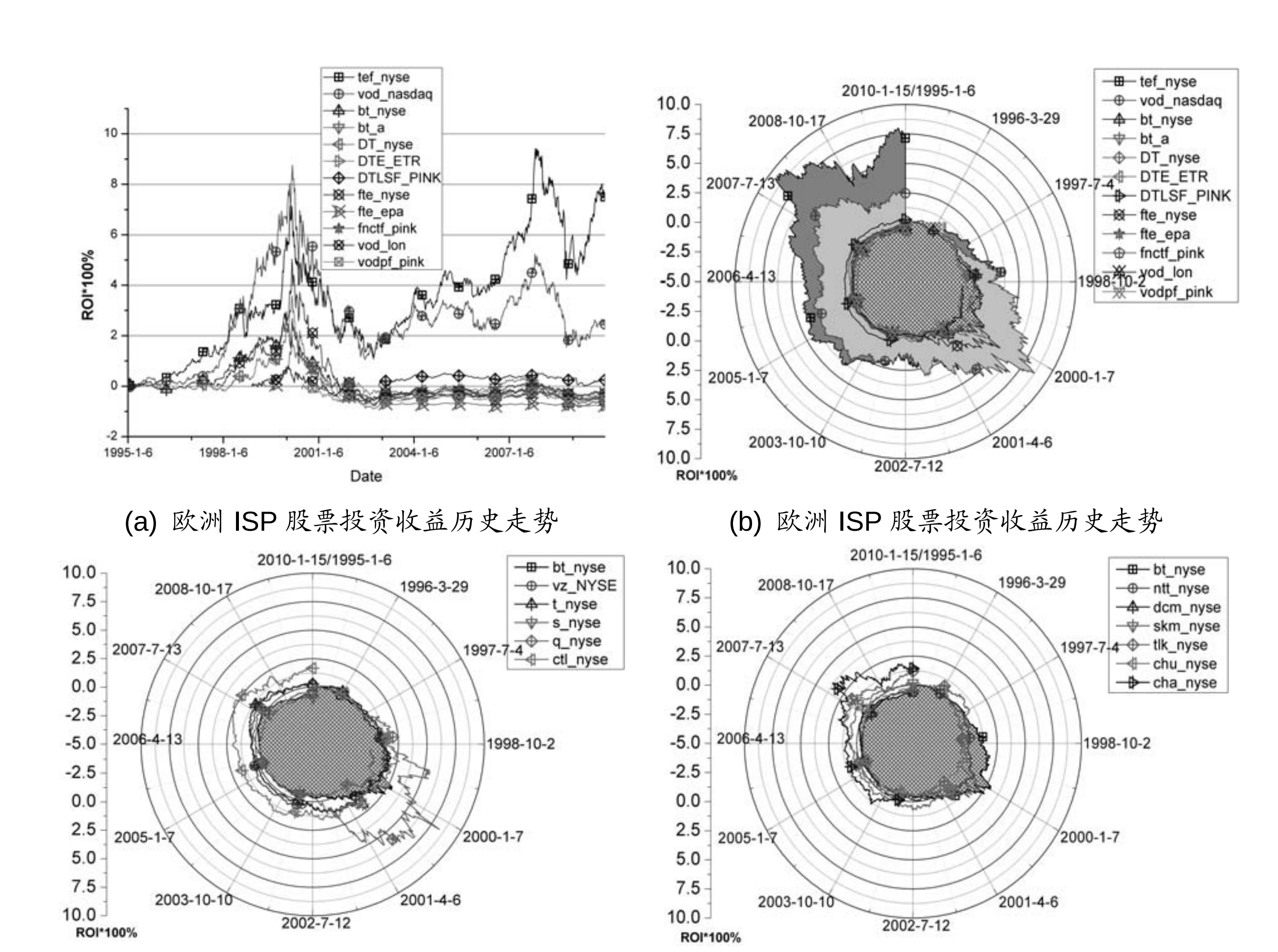
投资收益（ROI） =（当周收盘价 － 统计起始周收盘价）÷ 统计起始周收盘价

这种方法可以反映累计投资收益的波动情况。

我们以 1995 年 1 月 6 日周收盘价为统计起始点，2010 年 1 月 15 日为统计结束点。在这个时间段中，网络基础设施建设经历了启动、增长及平稳三个阶段。其中中国电信、中国联通上市时间短，其走势仅作为参考列出，不作为分析对象。图 2(a)为投资欧洲主要网络服务提供商股票投资收益历史走势图。图 2(b)为将图 2(a)中的数据映射到极坐标后生成的欧洲网络服务提供商投资收益历史走势图，极坐标标度只是时间点的标记，与时间尺度不成比例（每 30 度大约为一年多）。我们根据在极坐标空间中各曲线包围区域的重合程度，选择英国电信（bt_nyse）、沃达丰（vod_nasdaq）、西班牙电信(tef_nyse)为网络服务提供商的代表，同时使用英国电信为跨地区网络服务提供商比较的标杆。

地区	公司名称	交易所及代号	市值（亿美元）参考时间 09-12-31	
欧洲	BT Group plc	NYSE:BT	168.53	
	BT Group plc	LON:BT.A	104.66	
	Telefonica S.A.	NYSE:TEF	1309.87	
	Deutsche Telekom AG	NYSE:DT	640.82	
	Deutsche Telekom AG	ETR:DTE	448.59	
	Deutsche Telekom AG	PINK:DTLSF	617.13	(10-1-26)
	France Telecom SA (ADR)	NYSE:FTE	622.81	
	France Telecom SA	EPA :FTE	445.45	(10-1-26)
	FRANCE TELECOM SA (ORD)	PINK: FNCTF	588.41	(10-1-26)
	Vodafone Group Plc (ADR)	NASDAQ:VOD	1214.61	
	Vodafone Group Plc	LON:VOD	755.97	
	Vodafone Group Plc N	PINK:VODFN	1360.82	(10-1-26)
北美	Verizon Communications Inc	NYSE:VZ	941.11	
	AT&T Inc	NYSE:T	1654.05	
	Sprint Nextel Corporation	NYSE:S	103.10	
	Qwest Communications International Inc	NYSE:Q	72.69	
	CenturyTel Inc	NYSE:CTL	107.73	
亚洲	NTT DoCoMo Inc. (ADR)	NYSE:DCM	583.80	
	Nippon Telegraph & Telephone Corp. (ADR)	NYSE:NTT	576.69	
	PT Telekomunikasi Indonesia (ADR)	NYSE:TLK	193.01	
	SK Telecom Co., Ltd. (ADR)	NYSE:SKM	105.88	
	China Unicom (Hong Kong) Limited (ADR)	NYSE:CHU	311.60	
	China Telecom Corporation Limited (ADR)	NYSE:CHA	335.22	

表1. 北美、欧洲、亚洲的 ISP 公司



(a) 欧洲 ISP 股票投资收益历史走势　　(b) 欧洲 ISP 股票投资收益历史走势

(c) 北美 ISP 股票投资收益历史走势　　(d) 亚洲 ISP 股票投资收益历史走势

图2. ISP 从 1995 年初到 2010 年初 15 年股票投资收益历史走势图

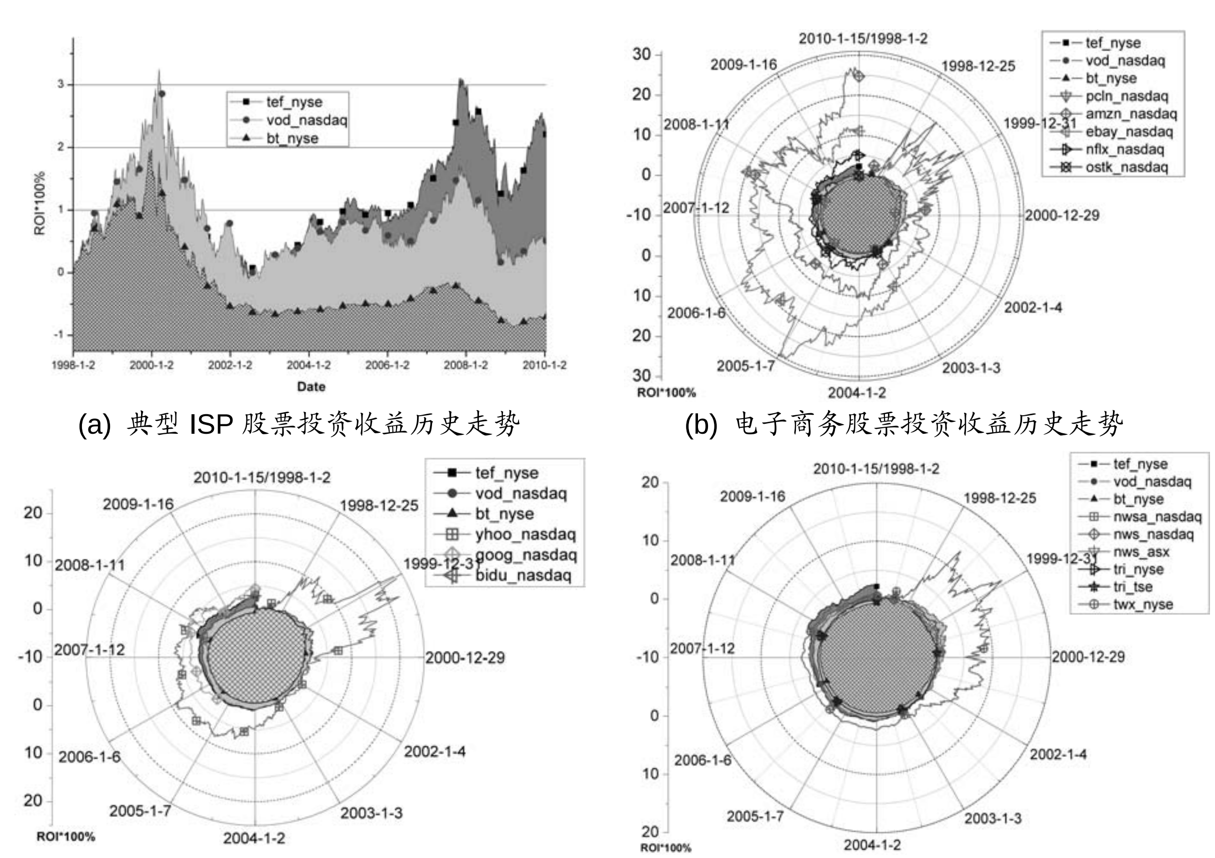
2.2 内容服务提供商样本股票投资收益历史走势

经营类别	公司名称		交易所及代号	市值（亿美元）参考时间 09-12-31	
电子商务	Priceline.com Inc	(旅游)	NASDAQ:PCLN	95.99	
	Amazon.com Inc	(书籍)	NASDAQ:AMZN	582.45	
	eBay Inc	(二手交易)	NASDAQ:EBAY	304.23	
	Netfix Inc	(租赁，例如 DVD)	NASDAQ:NFLX	30.10	
	Overstock.com Inc	(在线零售)	NASDAQ:OSTK	3.11	
搜索服务	Google Inc		NASDAQ:GOOG	1967.01	
	Yahoo! Inc		NASDAQ:YHOO	235.10	
	Baidu Inc(ADR)		NASDAQ:BIDU	144.01	
新闻与传媒	News Corp(CHESS)		ASX:NWS	469.24	
	News Corporation		NSDAQ:NWS	331.32	(10-1-26)
	News Corporation(USA)		NSDAQ:NWSA	358.68	
	Thomas Reuters Corporation		TSE:TRI	278.44	(10-01-05)
	Thomas Reuters Corporation (USA)		NYSE:TRI	267.91	(10-01-05)
	Time Warner Inc		NSYE:TWX	340.23	

表2.　电子商务、搜索、信息服务等行业的 ICP 公司

内容服务提供商公司样本选择的基本条件主要为：经营内容、股票市值大、业务发展时间长、在行业中有代表性，如表 2 所示。我们选取了电子商务、搜索服务、新闻传媒等三种主营内容的代表性公司。上述归类不表示该公司仅经营单一服务。针对样本公司，我们使用 google 财经提供的股票历史数据进行投资收益历史走势分析。其计算方法同上。

我们以 1998 年 1 月 2 日为周收盘价为统计起始点，2010 年 1 月 15 日为统计结束点。在这个时间段中，内容服务提供商公司经历网络基础设施建设的增长和平稳等阶段。并使用标杆法对网络服务提供商和内容服务提供商股票走势进行比较。我们选择英国电信（bt_nyse）、沃达丰（vod_nasdaq）、西班牙电信 (tef_nyse)为网络服务提供商的标杆。从图 2 可知，三者都有较长的发展时间；其次收益走势上的明显区别构成了带状区间，为比较网络服务提供商和内容服务提供商相对强度提供了一个合理的参考范围。图 3(a)为典型网络服务提供商股票投资收益历史走势区间。图 3(b)为将电子商务内容服务提供商和典型网络服务提供商的数据映射到极坐标后生成的股票投资收益历史走势图。



(a) 典型 ISP 股票投资收益历史走势　　(b) 电子商务股票投资收益历史走势

(c) 搜索服务股票投资收益历史走势　　(d) 新闻与传媒股票投资收益历史走势

图3. 典型 ICP 从 1998 年初到 2010 年初 12 年股票投资收益历史走势图

2.3 样本历史走势分析

由图 2 的曲线可知，网络服务提供商的走势可分为三类：其中西班牙电信和美国 CenturyTel 公司（世纪电信）位于第一类，网络泡沫破裂后还能再创新高；沃达丰位于第二类：网络泡沫破裂后曲线虽有较大起伏，然而再未超过前期顶点；其它电信公司集中在第三类：网络泡沫破裂后走势稳定。可以看出，第二类和第三类走势定义了网络服务提供商的基本投资收益价值带。我们使用英国电信和纳斯达克的沃达丰具体定义这个价值带。

以这个价值带为基础，对比网络服务提供商和内容服务提供商的投资收益，我们可以发现大部分内容服务提供商样本位于这个价值带之上。其中很多股票在网络泡沫后又再创新高。基于比较，

从总体上看，可以得出投资于内容服务提供商的回报有可能大于投资网络服务提供商回报的结论；在内容服务提供商中，投资于电子商务和搜索服务公司的回报有可能大于投资于新闻传媒的回报。

上述历史数据及分析结果既符合阿尔图彻的结论，因为互联网络的基础服务提供者——网络接入服务商、新闻传媒服务商的投资价值已大不如前；同时也符合威尔逊的结论：电子商务，搜索服务等的投资价值很可能再创新高。

我们认为阿尔图彻和威尔逊的观点都具代表性，也都不全面。但他们的争论无疑为网络经济和技术发展提出了一系列值得思考的问题：如何看待互联网络经济系统；互联网络经济系统的利益分配关系是怎样的；针对这种情况的经济学解释是什么；如何从经济学上考虑网络技术的发展方向。

3 互联网络契约特征的解释和发展

如图 1 所示，信息在多个主体间穿行的同时，也将多个主体关联在一起，形成了类似于制度经济学在多主体相对产权研究方面讨论的关系性契约（契约）[1]。下面我们以互联网络中各角色间的契约关系为主要分析对象，探讨责任及利益分配。同时，我们以相互依赖需求（interdependent demand）曲线为基础，对第二部分数据给出经济学解释，并通过价格力矩对解释进行形象说明；最后讨论将末端网络开放作为一种新的生产要素添加到互联网络经济系统中后，对已有契约关系、交易内容的丰富及其促进网络经济发展的可能性。

3.1 互联网络体系结构契约的解释

物理网络是一种专用性资产[8]。在电话网络中其专用性形成行业壁垒及垄断。当承载和业务分离后，物理网络的专用性没有变；而用户通过网络交换信息的设备却具有更多的通用性特征。从专用性资产契约责任看：在数据传输方面，用户和内容服务提供商使用有专用性资产特征的物理网络时，网络服务提供商和用户、内容服务提供商的契约具有出租契约特征[1]；在信息服务方面，用户和内容服务提供商使用物理网络时，网络服务提供商和用户、内容服务提供商的契约具有销售契约特征[1]。

根据制度经济学对契约责任的分析，在用户、内容服务提供商和网络服务提供商签约后即存在签约后机会主义行为。信息服务中销售契约所导致的签约后机会主义行为 — 数据业务内容不受网络服务提供商控制，使得网络服务提供商承担高附加值信息服务发展中的传输成本。在出租契约下，签约后机会主义行为使用户的迁移成本大大提高，网络服务提供商更有主动权；但签约后典型的用户机会主义行为是：任意串接多个上网设备，或使用消耗带宽大的应用，如对等传输（P2P 下载）。另一方面，网络服务提供商间的竞争使带宽租金向成本靠近。

用户和内容服务提供商间的信息服务同样具有销售契约特征。信息的二次发布是这种契约签约后的机会主义行为。同时，内容服务提供商为了吸引用户往往采用消耗带宽高的免费业务，即花费更多的带宽租赁费。但业务本身的免费性，使得内容服务提供商不可能向网络服务提供商支付高额租金。

上述讨论说明，在网络经济系统中内容服务提供商、网络服务提供商是两个相对独立变量。下面我们通过供需关系分析，对上述问题进行深度剖析。网络产业最大的特征是网络外部性（network externality）：当一种产品对用户的价值随着采用相同的产品、或可兼容产品的用户增加而增大时，就出现了网络外部性[5]。网络外部性也是梅特卡夫法则[3]的本质。网络产业经济的需求曲线与其他产业不同。1974 年贝尔实验室的罗尔夫斯（Rohlfs）[4]提出了一种描述具有网络外部性特征的产品的

[3] 由 3Com 公司的创始人，计算机网络先驱罗伯特·梅特卡夫(Metcalfe)提出，法则认为网络价值与用户数量长的平方成正比。

需求曲线 — interdependent demand，并对电话服务中价格和需求人数间的关系进行分析。该曲线为开口向下的 U 型曲线。贝克（Becker）[13]等对有同样网络外部特征的餐厅行业进行研究，探讨了为什么有很多人宁愿排队也要去价格高的餐厅就餐的问题。从 Alexa 网站公布的访问统计结果上看，虽然大网站的广告多却仍然吸引了更多的浏览者。网站销售广告位时所考虑的“眼球”和餐厅在座位供给和定价上有很多相似处，即按预期访问量定价。综合上述研究，我们从供给量的角度将网络服务提供商和内容服务提供商的服务定价进行对比，如图 4 所示。由于网络服务提供商和内容服务提供商服务价格和人数上绝对差异较大，为了便于分析，我们提取各自供应量和顶点的相对位置特征，对价格和需求进行了归一化处理。

通过图 4 可以看出，网络服务提供商和内容服务提供商提供服务的模式大不相同。网络服务提供商需要提供覆盖人群 50%以上的接入服务后才能体现规模效应的优势；而内容服务提供商的服务没有必要覆盖人群的 50%。根据罗尔夫斯的研究，一旦需求超过 A 点，即需求曲线顶点，其服务价格将进入下行通道。而根据贝克的研究，在提高信息服务内容质量的基础上，保持适当的供给缺乏将激发需求，从而使服务价格维持在某个较高水平，即根据期望定价。这样，虽然网站的信息服务供给量位于 C 点，但其服务价格，如广告推送费，可以根据期望在 C 和 A 点间定价。C 和 A 之间是其盈利区间。在图 4 显示的相对比例关系的基础上，图 5 通过网络服务提供商、内容服务提供商的投资收益杠杆系统进一步形象化地说明利润分配中的问题。在仅考虑网络服务提供商提供更多接入的情况下，接入服务价格有进一步下降的可能，导致网络服务提供商投资收益下降（力臂缩短）；而这同时也在反方向上扩大内容服务提供商的 C 和 A 间的绝对差距 — 内容服务提供商投资收益上升（力臂延长）。当同时考虑内容服务提供商因素时，由于同质化服务提供者越来越多，使得 C 点向 A 点靠近。虽然单价提高，例如提供更为吸引人的广告，但内容服务提供商的利润空间被压缩。在如此激烈的竞争下，大网站间的降价竞争随时会爆发，行业整体利润将下降。

在当前网络体系结构下，机会主义行为虽使内容服务提供商获利，但内容服务提供商的投资收益、预期访问用户量等由接入用户数量决定，因此迫切需要更多用户接入网络。从整体上看，增加用户接入数量使杠杆系统向 ICP 一侧倾斜的同时，系统重心向支点收缩。这意味着网络经济系统后劲不足，可能呈现疲软。因此，在进一步扩大用户规模的同时，必须系统化研究网络体系结构中制约网络经济发展的因素。

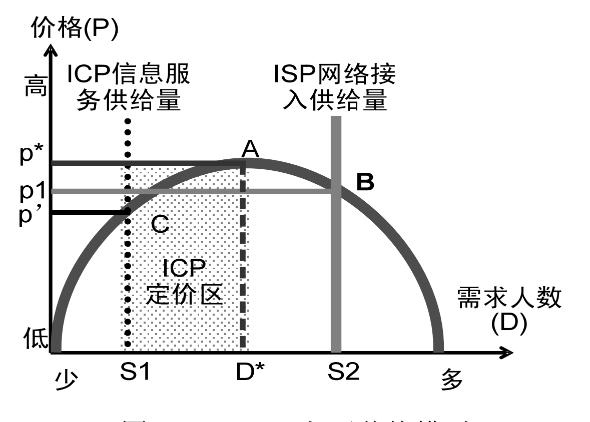


图4. ISP、ICP 相对价格模型

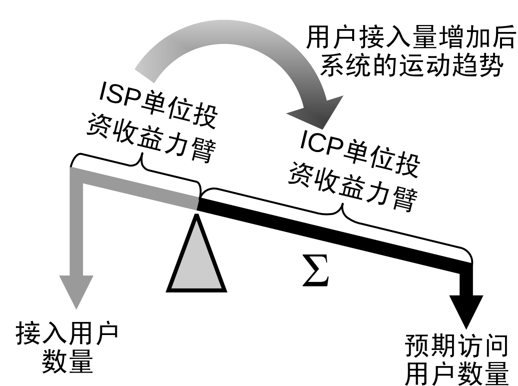


图5. ISP、ICP 的单位投资收益杠杆系统

3.2 互联网络体系结构契约的发展

由此我们认为：

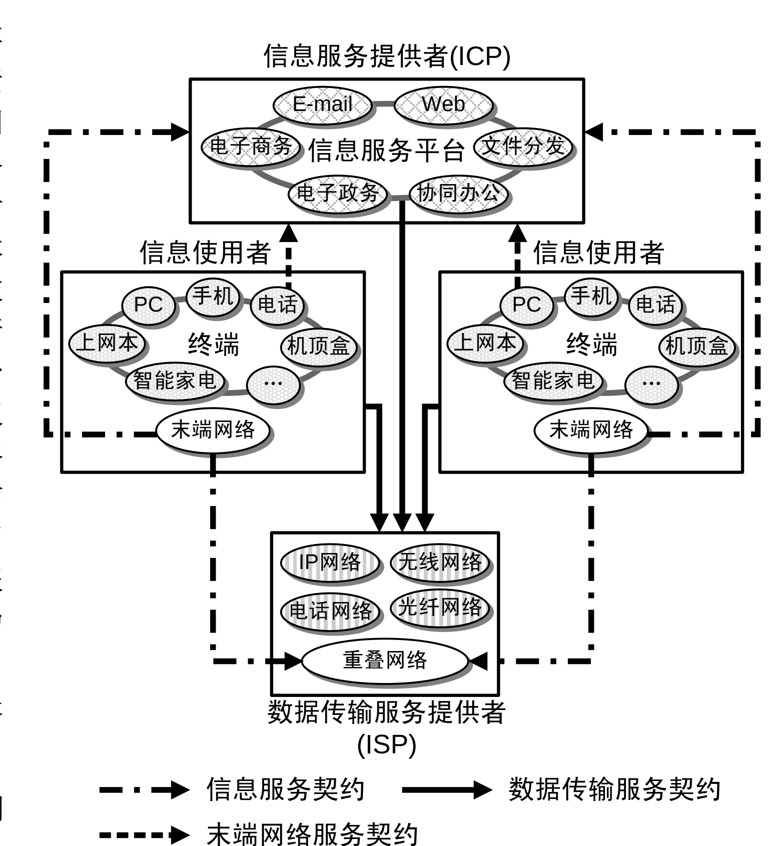
（1） 如果内容服务提供商可以将其部分服务收益同网络服务提供商共享，以补偿网络服务提供商发展用户的损失，网络服务提供商将有发展更大规模用户群的动力。

（2） 对于网络服务提供商来说，沿用扩大用户规模的方式不能摆脱服务价格被锁定在下行通道中的局面。因此，需要一个可以对网络服务提供商专用性资产重新定价的新兴市场，同时内容服务提供商对网络服务提供商的补偿行为也需要一个市场进行配给。

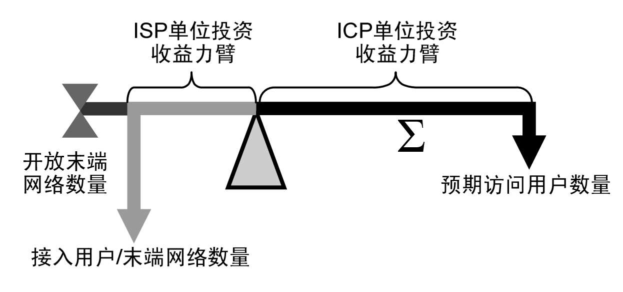
（3） 物联网将是这个新兴信息服务市场的载体。在短期内，以物物相联为目标的市场将为网络服务提供商和内容服务提供商重新提供一个根据期望定价的机会。而从长远看，在物联网中，网络服务提供商需要加强其充当信息服务渠道的作用，从而通过渠道服务提供商双边锁定特征[4]，使网络服务提供商从正向反馈中得到发展更大用户群的稳定补偿。

为了达到上述目标，我们需要为互联网络经济引入新的生产要素（Factors of Production），以改变图1所示契约关系限定的利益分配格局。如图6(a)所示，为信息使用者一方提供末端网络开放服务的技术是一种明显区别于终端设备的新技术。从契约结构的角度看，这种新技术是一种新的生产要素。它赋予信息使用者对末端网络的自治权（self-governing）。这也为当前网络体系结构添加了新的交易内容：信息服务者、数据传输者对信息使用者提供末端网络服务。这种新的服务扩展了原有网络经济系统的契约结构，使交易关系变得更为复杂，但也意味着增加了新的经济增长点。

交易关系（契约）需要与规制结构相配合才能发挥促进经济发展的作用。奥利弗·威廉姆森在论述交易关系和规制结构时认为，将简单的规制结构用于复杂交易关系会显得捉襟见肘[9]。根据威廉姆森的理论，我们认为双边规制更适合互联网络体系结构下主体不可统一的情况。双边规制对用户、网络服务提供商及内容服务提供商同样重要，因为这种规制结构容许外购零件行为存在。普通用户拥有根据自己不同需要，在其控制的网络中部署各种外购信息设备和外购信息服务的权利。这保证了新兴市场存在的需求基础。



(a)网络末端开放后的ISP、ICP、用户间的契约关系



(b)ISP、ICP、末端网络开放价格力矩模型

图6. 互联网络体系结构下ISP、ICP、用户间契约关系的发展

如图6(b)所示，根据网络服务提供商、内容服务提供商价格力矩模型，我们认为：开放末端网络可以平衡网络服务提供商、内容服务提供商利润分配关系，可成为保持网络经济持续发展的稳定器。首先，该稳定器可以起到稳定网络服务提供商价格的作用，网络服务提供商由原来扩大普通用

户数量转而变为扩大末端网络数量。用户数量的增加由末端网络运营商负责。其次，稳定器的出现，使网络服务提供商处于内容服务提供商和末端网络中间，可以凸现其渠道作用。

事实上，为了解决对等传输应用中数据传输优化及对等传输运营商服务广泛部署等问题，网络服务提供商和内容服务提供商已展开了密切合作。美国的 P4P(Proactive network Provider Participation for P2P，电信运营商主动参与对等传输网络)标准和我国通信行业标准化组织推出的“基于承载感知的对等传输流量优化技术框架（报批稿）”是其中最具代表性的成果。

4 高自治度网络体系结构研究及业务模型

在当前统一网络地址空间中很难为相互对立的主体划定主权明确的边界。如何在现有网络技术下，为双边规制落实提供末端开放的网络环境成为网络体系结构研究的关键问题。下面本文主要探讨该规制在当前互联网络中的可操作性，具体包括：高度自治网络体系结构存在的基础、可行性实践及业务承载模型等三方面。

4.1 高自治度网络体系结构的基础

一个便于在信息交换服务层面上协同，又可以保持网络所有者相对独立的网络技术体系结构，将更有利于所有网络系统参与者获得决策安排形式的最优化，从而降低交易成本[4] [6] 。对比各种技术，以地址转换技术为基础，最有可能建立这样一种在经济和管理层面上具有高度局部自治特征，同时又便于应用协同的网络体系结构。

首先，采用地址转换设备可以使物理网络的拥有者在信息服务、信息设备的选择中掌握更多的自治权。互联网络中存在一类被称为私有地址的标识，用户可以使用这类地址组建内部网络。内网主机可以通过地址转换设备主动访问外网主机；在反方向上，地址转换设备自动阻挡外网主机的主动访问。这一技术之所以被网络标准化组织排斥近 20 年[16]，是因为其割断了无条件双向数据传输，然而这一特点却为网络体系结构的地址空间提供了一个明确的边界，为决策上的自由提供了更大空间。这种边界是新兴信息服务、信息设备外购市场建立的基本保障；基于这样的边界，如同自来水和市电用户可以根据需要添加水龙头、电器接口一样，网络用户也可以根据自己的习惯和喜好向末端网络中添加、管理、操控信息设备；同时，这种边界为开展可全网覆盖的安全、可信、虚拟化网络业务提供了基本网络环境。

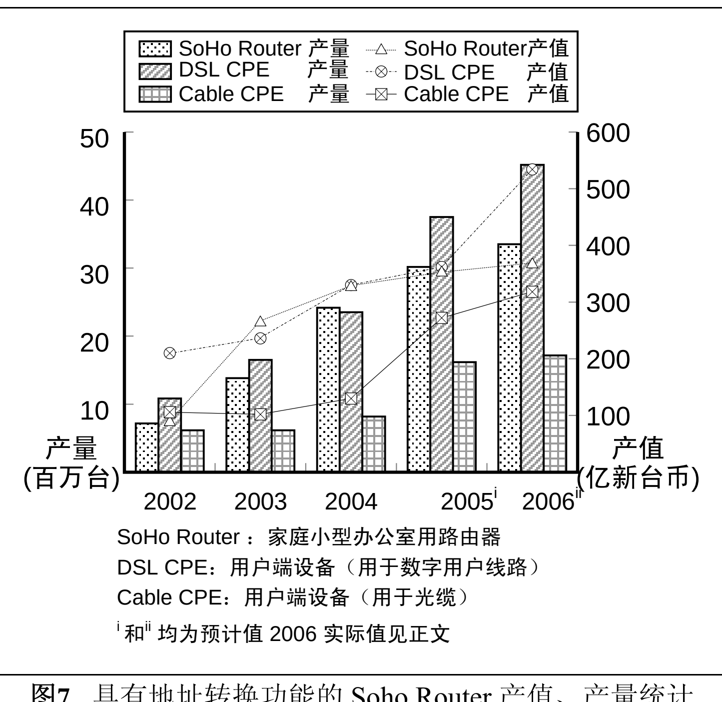


图7. 具有地址转换功能的 Soho Router 产值、产量统计
（资料来源 IEK-ITIS（2005/11））

其次，在世界范围内，已为广泛使用以地址转换技术为基础的网络体系结构奠定了物质基础。

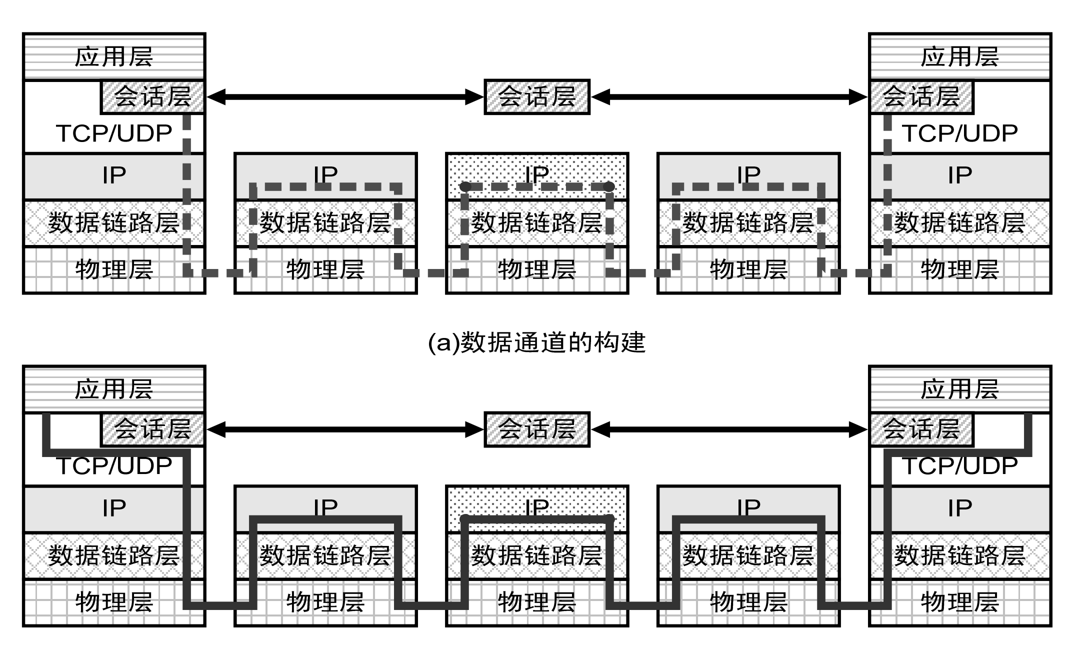
[4] 交易成本的概念不一定专指经济交易成本最小化这一狭窄意含，还可以指决策收益最大化，或者决策安排形式的最优化。而且，“决策”也不一定是经济属性的决策，因为并不是所有的决策都具有交易的性质。制度经济分析的目标并非仅仅关注经济交易，还应该包括其他“社会行为”。经济交易只是一种特殊的社会交易。

经过近 20 年的发展，互联网络中，地址转换技术已具有相当大的使用规模。SOHO ROUTER 是一种典型的使用地址转换技术的设备。台湾 2002 到 2006 年的产量如图 7 所示。其中 2006 年实际生产量占世界的 80%,约为 3348.6 万台，产值达 10.91 亿美元；其有线、无线网络产品的 70%销往北美、欧洲、大陆等市场。按这种产量规模， 2002 至 2008 年以来，互连网络中已沉淀下不少于 1 亿台具有地址转换能力的设备。在这些地址转换设备的背后，也隐藏着数以亿计的网络用户，或上网家庭。

再有，互联网络标准化组织 IETF（互联网工程任务组，The Internet Engineering Task Force）已明确表示 IPv6 网络将通过地址转换技术接入 IPv4 网络[12]。至少在现阶段，IETF 放弃了以单一类型地址为基础发展网络的观点，基本正视了需要在多种地址类型基础上建立网络的事实。这也说明在目前经济形势下，网络经济的持续发展，需要我们在多地址类型并存的网络环境下探索新的途径。

4.2 高自治度网络体系结构的可行性实践

学术界和工业界，对以地址转换设备为基础的网络体系结构已进行多年研究。我们认为体系结构的选择需要兼顾兼容与发展——与已有网络协议和应用兼容，将可在经济、技术及未来发展等三方面节约网络发展成本，提高发展速度；物物相联所引起的开放性在管理、控制、安全及可配置等方面带来的新问题则是未来发展的主题。



(a)数据通道的构建

(b)跨异构地址空间的传递

图8. IPVN 系统的数据传递过程

围绕开放末端网络的问题，我们提出了一套可以架设于多层地址转换技术设备基础上的网络体系结构——IPVN（基于 IP 技术的虚拟网络）[2,3]系统。该体系结构从会话层入手，解决控制末端网络应用互联的问题。系统将信令控制、通道建立、数据传输相结合，在原有网络协议分层模型的基础上，将协议间竖向堆叠模式[7]扩展为协议间横向聚合模式，在解决实际问题的同时，也扩展了网络分层模型原理的使用方式(图 8)。其具体执行步骤是：首先如图 8(a)所示,在会话层协议控制(SIP) [15]的控制下，在端与端间建立数据传输隧道；然后如图 8(b)所示，在应用程序执行时，TCP/IP 协议栈自动建立该应用程序与隧道间的对应关系，应用程序通过该隧道收发数据。

这一体系结构为网络应用建立了坚实的网络安全基础。首先，该体系结构以用户注册为寻址基础。这种寻址体制提供了可管、可控的网络实名环境，加强了网络的可信程度，便于开发安全、便

捷，服务于人类生活的业务承载信息系统。其次，地址转换设备从互联网络地址原理层面，为向用户开放的末端网络添加了安全域的性质，形成了原子安全域。

4.3 虚拟化业务承载模型

我们参考生活环境的层次模型[10]（图 9），在 IPVN 的基础上提出了“数字人居环境”的虚拟化业务承载模型，如图 10。该模型以家居网络为核心空间，即私密空间，并将小区网络、社区服务体系、数字化城市等分别定义为二级半开放空间、一级半开放空间、开放空间。上述空间以私密空间为中心，根据具体环境进行组合。

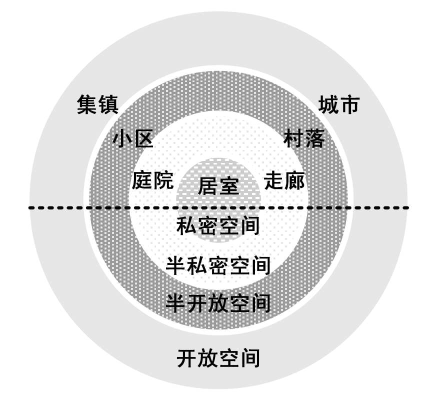


图9. 生活环境的层次

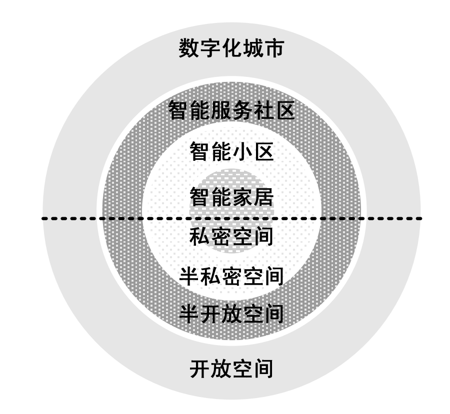


图10. 数字人居环境的层次

我们以 IPVN 结构为基础，根据各空间定义具体业务功能，及业务访问关系，使用 IP 技术将各地址转换设备嵌套或并行的连结起来，形成一个按自治需求配置的网络。在各空间配置好后，IPVN 系统根据各安全域定义的访问关系，负责控制原子安全域间信息交换通路的开启。而各自治空间内部的应用由该空间的所有者决定。基于这样一种控制关系，作为数字生活的核心空间 — 私密空间 — 能够访问开放或半开放空间中的联网设备，同时，其自身又能不被其它未授权空间联网设备打扰。

5 总结

网络体系结构研究直接关系经济发展。本文使用制度经济学的主要理论分析工具 — 交易费用经济学和契约经济学，对网络体系结构所衍生出的契约进行分析。该分析方法，帮助我们理解具有宏观特征的网络体系结构在微观经济学层面上的意义，使网络体系结构研究具有更高的实用价值。

通过互联网络体系结构的契约特征分析，本文讨论了作为互联网络基础服务提供者 — 网络接入服务商、新闻传媒服务商的投资价值已大不如前的原因；提出了通过向用户开放末端网络，提高末端网络自治程度促进网络经济发展的发展模式。同时，我们也给出实现开放末端网络的技术方案 — IPVN，及基于该方案提出服务于人类居住需求的业务承载模型 — 数字人居环境。

参考文献：

[1] 埃里克.弗鲁博顿，鲁道夫.芮切特，2006 ：《*新制度经济学：一个交易费用分析范式*》中译本，上海人民出版社。

[2] 傅川，王迪，张国清，秦卓琼, 2008:《*多层 NAT 网络中面向应用的名字注册系统及方法*》，专利申请号 200810102278.4。

[3] 傅川，王迪，张国清，杨清峰，秦卓琼, 2008:《*一种系统终端设备建立 NAT 穿越通道的方法*》，专利申请号 200810104586.0。

[4] 高维和，2008：“网络外部性、专用性投资与机会主义行为——双边锁定与关系持续”，*财经研究*，第 34 卷，第 8 期 2008 年 8 月，第 120 页—第 132 页

[5] 奥兹・夏伊，2002：《*网络产业经济学*》中译本，上海财经大学出版社，第 2 页

[6] 孙波，2009：《*公共资源的关系治理研究*》，经济科学出版社。第 7 页

[7] Andrew S.Tanenbaum，2006：《*计算机网络（第 4 版）*》中译本，清华大学出版社，第 36 页

[8] 魏艳，2006：“进入电信行业壁垒重重民营资本如何渡过难关?”，《*通信世界 A*》第 20 期，第 22 页—第 23 页

[9] 威廉姆森，2006：《交易费用经济学：契约关系的规制》，载于陈郁编《*企业制度与市场组织--交易费用经济学文选*》（论文集），上海人民出版社，第 22 页—第 60 页

[10] 杨静，2001：《建筑材料与人居环境》，清华大学出版社,第 9 页

[11] James Altucher, 2009:“The Internet Is Dead (as an Investment) ” http://online.wsj.com/article/SB124784696163158721.html

[12] Carolyn.D.Marsan,2009: “IETF: No consensus on IPv6 NATs”, Network World, http://www.networkworld.com/news/2009/032709-ietf-ipv6-nats.html

[13] Becker, Gary S, 1991: "A Note on Restaurant Pricing and Other Examples of Social Influences on Price," *Journal of Political Economy*, University of Chicago Press, vol. 99(5), pages 1109-16, October.

[14] Jeffrey Rohlfs, 1974: "A Theory of Interdependent Demand for a Communications Service," *Bell Journal of Economics*, The RAND Corporation, vol. 5(1), pages 16-37, Spring.

[15] J. Rosenberg,dynamicsoft,H. Schulzrinne,Columbia U.,G. Camarillo Ericsson, A. Johnston,WorldCom,J. Peterson,Neustar,R. Sparks, dynamicsoft, M. Handley, ICIR, E. Schooler,AT&T ,2002: “SIP: Session Initiation Protocol”,rfc3261,. June

[16] Lixia Zhang,，2007: ”A Retrospective View of NAT”,《*IETF Journal*》,Volume 3 Issue 2, pages 14-20,October

[17] Fred Wilson, 2009：“The Internet Is Alive and Well (as an Investment)”

[18] http://www.avc.com/a_vc/2009/07/the-internet-is-alive-and-well-as-an-investment.html

作者简介：
傅　川：　软件工程硕士，中国科学院计算技术研究所工程师，Email: chuanfu@ict.ac.cn
张国清：　博士，　中国科学院计算技术研究所副研究员，硕士生导师
杨　景：　中国移动通信技术研究院首席科学家，工信部电信经济专家委员会委员，中科院计算所博士生导师。